

阿蘇大橋地区斜面防災対策工事（直轄砂防災害関連緊急事業）における 無人化施工建設機械の自律制御システムに関する実験報告

国土交通省九州地方整備局
(株)熊谷組
芝浦工業大学

野村 真一 伊藤 宗輝
正会員 北原 成郎 正会員 ○飛鳥馬 翼
油田 信一 長谷川 忠大

1. はじめに

阿蘇大橋地区の斜面崩壊に伴い流出した国道 57 号および JR 豊肥本線の復旧工事を安全に行うため、斜面上部に残る多量の不安定土砂の崩落による二次災害を防ぐための緊急的な対策工が求められた。余震や降雨等により更なる崩壊の危険が懸念されるため、崩壊地内は無人化施工が導入されることとなった。

無人化施工は遠隔地から視覚情報や聴覚情報のみで建設機械を操作するため、有人施工よりも経験を要する。また、無人化施工のフィールドが少ないため、無人化施工に従事するオペレータが少ない。阿蘇大橋地区斜面防災対策工事(以下、本工事)では、国道 57 号および JR 豊肥本線の早期復旧のため、休工無しでの施工となった。従って、無人化施工オペレータが交代制で休暇を取るために、多数従事する必要がある、無人化施工のオペレータ不足という問題から、施工をしながらオペレータの育成を行わなければならない。

今日、ICT の発展と i-Construction の推進により、多方面で建設機械の自律制御システムの開発が注目されている。建設機械の自律制御はオペレータの代わりに制御 PC などが建設機械を操作するため、熟練したオペレータが不要になり、無人化施工の技術者不足も解消されることで生産性向上が期待できる。

本報告では、本工事において災害地での無人化施工現場への自律制御システムの可能性の検証実験を行ったので、その成果を報告する。

2. 本システム概要

本開発の自律制御システムを以下に示す。

- ①遠隔操作式建設機械であれば制御信号ミキサにより制御 PC からの指令を操作器と同じ信号に変換して制御するので、建設機械の改造が必要なく経済的である。
- ②制御信号ミキサおよび制御 PC は遠隔操作室側に設置されるため、自律制御とオペレータ制御の切替および制御プログラムの変更が容易である。
- ③制御信号ミキサは操作器からの信号を優先して建設機械へ送信するため、万が一自律制御により建設機械が暴走してしまった際には操作器から信号を与えることにより自律制御が停止するシステムになっている。

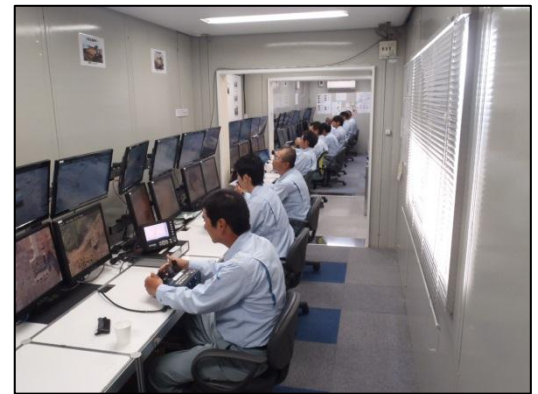


写真-1.1 無人化施工状況 1



写真-1.2 無人化施工状況 2

遠隔操作室側

建設機械側

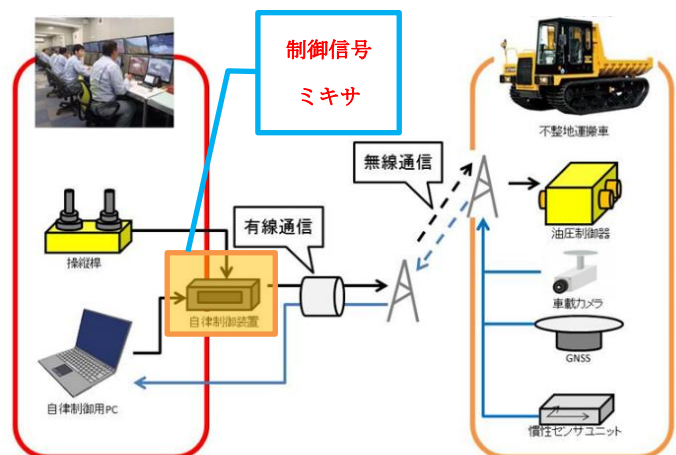


図-2.1 自律制御システム

キーワード 平成 28 年熊本地震, 阿蘇大橋, 砂防事業, 無人化施工, i-Construction, 自律制御

連絡先 〒162-8557 東京都新宿区津久戸町 2-1 (株)熊谷組 土木事業本部 ICT 推進室 TEL 03-3235-8627

本工事においては、決められた運搬経路を走行する不整地運搬車に着目し、自律制御させることとした。オペレータが操縦により、走行させたい軌道をあらかじめ走行させた際の Way Point(以下、WP)を保存し、その後、WP に沿って自律制御による追従走行を行った。建設機械には GNSS と慣性センサユニット(IMU)を搭載し、現在の建設機械の位置情報と方位角をセンサから読み取り、自己位置を推定し、WP に対しフィードバック制御を行った。

3. 実験結果

実験結果を図-3.1～3.4 に示す。

図-3.1 は WP と自律制御による再現走行させた際の軌跡である。赤丸は WP として保存された点である。この図より自律制御が WP に沿って追従していることが分かる。

図-3.2 は速度制御の結果である。赤線が設定速度 0.5m/s、青線が実験値であり、設定速度に概ね追従し制御できていることが分かる。

図-3.3 は WP と自律制御との誤差を表す。一部で 1m 程度の誤差があるものの概ね 40cm 以下の誤差で WP に追従していることが分かる。

図-3.4 は目標角度への追従性である。140s～160s の時に目標角度へ制御できていないことが分かる。これは図-3.3 においては 1m 程度の誤差が発生した箇所である。これは現地において勾配があり、かつぬかるんでいる箇所だったため、不整地運搬車が滑っていたからである。しかし、そこから軌道修正をし、目標軌道へ向かって制御できていることが確認できるため、破綻することなく追従制御ができていると考えられる。

以上のことより、オペレータが操縦により走行させた軌道を WP として保存し、その後、WP に沿って自律制御による再現走行におおむね成功した。現場にて一度操縦して走行させる必要があるものの、目標軌道の事前測量が不要で、不整地運搬車のような決められた経路を走行するような建設機械には有効であり、経路が複雑に折れ曲がっていたとしても対応が可能である。本工事箇所のように崩落地のような傾斜地にも対応できる。

4. おわりに

本実験では WP に沿って自律制御による再現走行を実証することができた。自律制御システムは無人化施工だけでなく、一般工事にも適用可能なため汎用性が高い。今後はこのシステムを実現場に導入するために、災害現場特有の凹凸地形・転石に対する障害物回避、一般工事でも考えられる、人や他の建設機械の回避を考慮した自律走行システムを開発していく所存である。

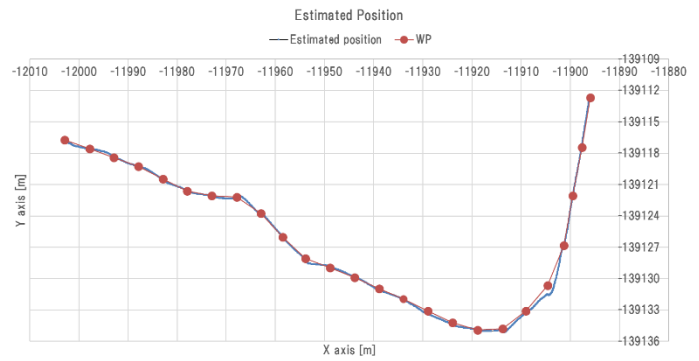


図-3.1 WP と自律制御の軌跡

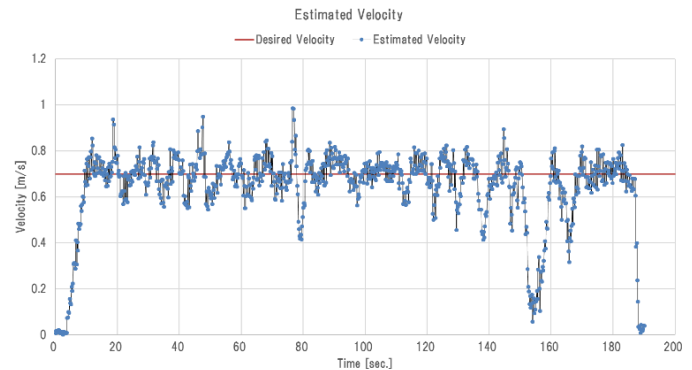


図-3.2 設定速度への追従性

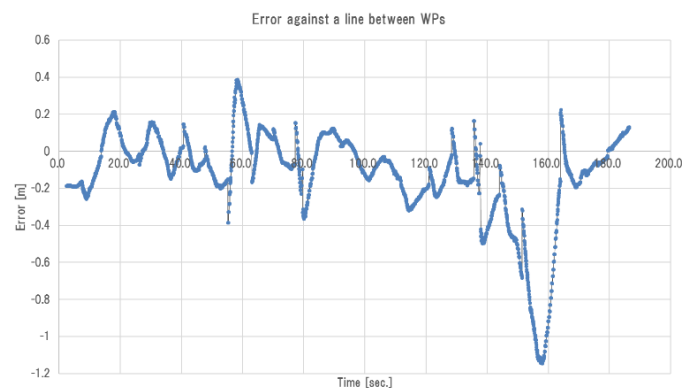


図-3.3 WP への追従性

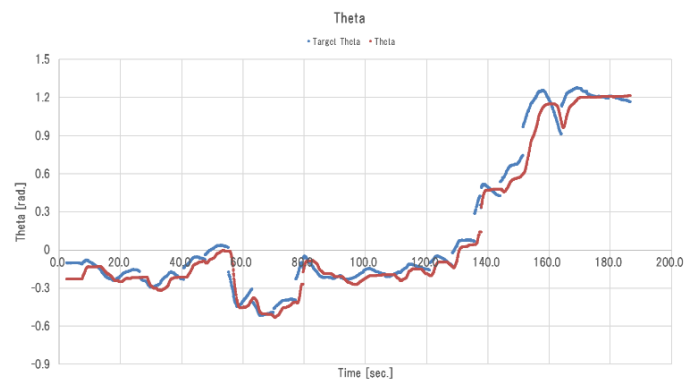


図-3.4 目標角度への追従性